

Mobila laserskanningssystem

GISS-utredning 2023-11-06



Foto av: Mark Ghaly

av Mark Ghaly, Sundbybergs stad

Sammanfattning

Stora exploateringsprojekt runt om i Sundbybergs stad har lett till att det ofta behövs inmätning av nybyggda områden. Global Navigation Satellite Systems (GNSS) och totalstationer är idag de mest använda instrumenten för att mäta in punkter och linjer. En GNSS och totalstation kan inte mäta stora arealer och datainsamlingen är därför tidskrävande för större projekt. En drönare kan lösa inmätningen av större arealer men med dagens flygrestriktioner får drönpiloter inte flyga förrän ett tillstånd har utfärdats av Transportstyrelsen. I Sundbybergs fall stoppar Bromma flygplats all form av drönarflygning eftersom ca 90% av Sundbybergs kommun ligger inom radien 5km från flygplatsen. Restriktionerna har lett till att nya metoder har utvecklats för att från marknivå mäta in stora områden med hög noggrannhet. En av dessa nya metoder är mobila laserskanningssystem – laserskanning som sker från en bil eller annat fordon. Dessa klarar av att täcka enorma ytor längst med vägar på väldigt kort tid. Mobila laserskanningssystem använder sig av en eller flera laserskannare för att mäta allt runt bilens körriktning. De flesta mobila laserskanningssystem har också en 360° panoramakamera för att färglägga punktmolnet men också för att kunna genomföra visuella inspektioner. Syftet med denna utredning är att utföra en egen mobil laserskanning i Sundbybergs stad för att inventera vägs skyltar, belysningsstolpar, vägkanter och träd. Förutom att samla in nödvändigt data ville vi testa systemets komplexitet och användarvänlighet för att utvärdera ifall det är en bra lösning för vår kommuns (och därmed även andra kommuners) behov.

Sundbybergs stad hyrde in Trimbles MX50 system och har genomfört en skanning av hela kommunen. Körningen tog 22 h och genererade ca 35 miljarder punkter. Punktmolnet klassificerades och alla lyktstolpar och vägs skyltar extraherades ut ur punktmolnet.

En ruttplanering utfördes i tidigt skede för att minimera körningstiden och minska antalet överlapp på samma gata. Körningen genomfördes sedan med två chaufförer och en navigatör. Trimbles MX50 visade sig vara lätthanterad under själva körningen. Efterbearbetningen skedde i Trimble Business Center och storleken på projektmappen landade till slut på ca 1,4TB. Den insamlade informationen har visat sig vara användbar för många enheter vars verksamhet kräver någon form av fältinventering. Trafikenheten har nu möjlighet att ur resultatet mäta gångbanor ur ett tillgänglighetsperspektiv samt att på ett enkelt sätt få ut placeringen på alla vägs skyltar i kommunen. Tillståndsenheten kan på samma sätt mäta uteserveringarnas utbredning och jämföra utbredningen mot den beviljade ansökan. Parkenheten kan mäta trädens höjd, diameter vid brösthöjd och deras kron täcke. Restaureringsprojekt har nu ett punktmoln att utgå ifrån och kan sedan jämföra med en ny inskanning efter avslutad restaurering för att se om åtgärderna som genomförts har återställt platsen enligt överenskommelse. Slutligen kan kommunens kart- och mätningjörer skapa projekteringsunderlag (så länge som punktmolnet georefereras med hjälp av Ground Control Points (GCP), en möjlighet under bearbetningen).

Att utföra en egen mobil laserskanning är tidskrävande och kräver mycket planering men även bearbetningstid. Det finns färdiga produkter att köpa från olika leverantörer men det ger användaren mindre kontroll på var data lagras. I Sundbybergs fall lagras allt på våra interna servrar vilket var ett krav ifall en skanning skulle ske. Att utföra mobil laserskanning ger även en ökad kompetens kring utveckling av nya tjänster inom verksamheten.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Introduktion.....	4
1.1 Mobila laserskanningssystem.....	4
1.2 Syfte.....	4
2 Studieområde.....	5
3 Metod.....	6
3.1 Planeringsskede.....	6
3.2 Körningen.....	6
3.3 Bearbetning.....	7
3.4 Modifierat bearbetningsflöde.....	8
4 Resultat.....	9
4.1 Prisuppgifter och konkurrenter.....	10
5 Diskussion.....	11
5.1 MX50-system.....	11
5.2 Punktmoln och georeferering.....	12
5.3 Intern kompetens eller extern leverantör.....	13
6 Slutsats.....	14
7 Källor.....	15

1 Introduktion

Sundbybergs stad har under de senaste åren byggt nya områden i takt med att befolkningen ökat med ca hundra procent sedan 2011. Den raska byggnationstakten har lett till stora behov av inmätning i de nya områdena under denna period. Traditionellt används främst Global Navigation Satellite Systems (GNSS) och totalstationer för sådan inmätning. Dessa tekniker har hög noggrannhet och levererar högkvalitativa mätningar i form av linjer och punkter. En GNSS och totalstation kan dock inte täcka stora områden på ett effektivt sätt och är därför bäst anpassade för ett projektbaserat mätningförfarande. Drönare kan mäta större arealer men är begränsade p.g.a. batteritid och flygrestriktioner. I Sundbyberg gäller flygrestriktioner över så gott som hela kommunen p.g.a. Bromma flygplats. Det enda område som inte har flygrestriktion är den norra delen av Igelbäckens naturreservat. Men det är bara möjligt att flyga vid begränsade tillfällen över naturreservat och det krävs särskilt tillstånd från Länsstyrelsen. Under somrarna när det oftast är lämpligast förutsättningar för drönarflygning kan det finnas restriktioner från Länsstyrelsen för att skydda fågellivet som därmed minskar möjligheterna. Ett annat alternativ till att mäta större arealer med hög noggrannhet är att använda laserskanner. Laserskannern är en aktiv sensor som använder sig av ljus för att mäta avstånd. Light Detection and Ranging (LiDAR) mäter avstånd genom att emittera ut en ljusstråle och använda returnerande fotoner till att mäta avståndet till målet. Då ljusets hastighet är känd kan man mäta avståndet genom att mäta tiden det tog för fotonerna att återvända. LiDAR system emitterar oftast fotoner mellan våglängderna 900-1500nm där 1062nm är den vanligaste då vegetation har en hög reflektion i denna våglängd. LiDAR-system kommer i olika format: flygburen, markbunden och mobila.

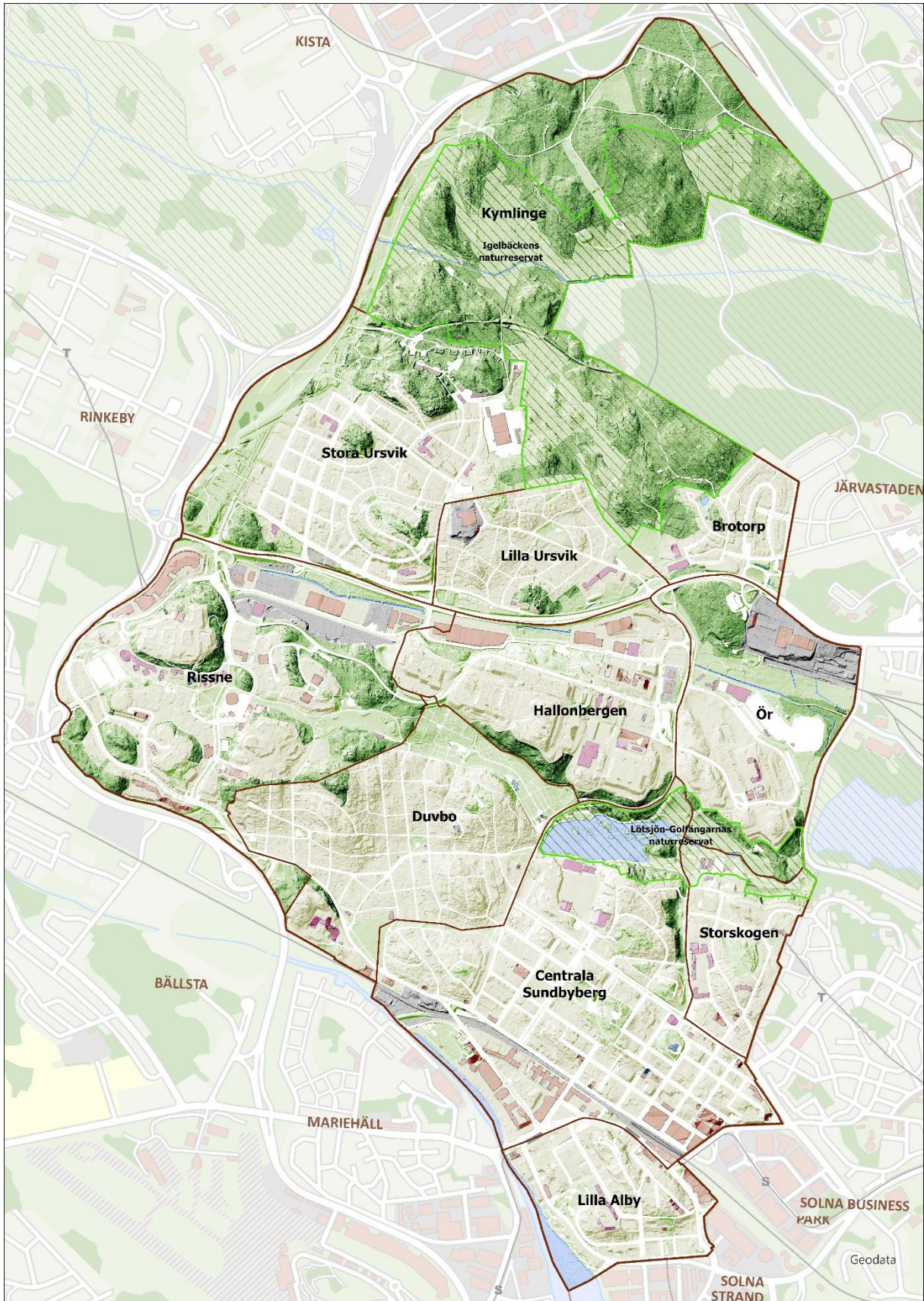
1.1 Mobila laserskanningssystem

En lösning för att kunna mäta stora områden, vara flexibel och kunna undvika hinder p.g.a. restriktioner är mobila laserskanningssystem -även känt som fordonsburen laserskanning. Dessa mobila laserskanningssystem utnyttjar ett fordon för att förflytta sig samtidigt som en GNSS mäter in systemets position. Systemet har en eller flera laserskannern som mäter in omgivningen samtidigt som en Inertial Measurement Unit (IMU) mäter bilens acceleration och lutning. Genom att kombinera alla dessa system kan man snabbt mäta in en gata på mindre än en minut och få samma punkttäthet som med en markbunden laserskanner. En 360° panoramakamera brukar oftast ingå i ett sådant system för att både färglägga punktmolnet och kunna användas som en referenspunkt att titta runt och mäta i bilden. Panoramabilderna har punktmolnet i bakgrunden och därmed blir bilden mätbar. Nackdelen med mobila laserskanningssystem är att parkerade bilar och stillastående människor skapar LiDAR-skugga för skanningen och att punkterna runt om hålet som skapats därför måste interpoleras. Detta ger en mindre noggrannhet än att stå bakom bilen med en GNSS eller totalstation och mäta. Mobila laserskanningssystem kan inte heller mäta tak som en drönare kan, dock kan systemet mäta taknocken och kanterna av taket om systemet har tillräckligt lång räckvidd. Körande bilar och rörliga människor skapar brus i punktmolnet men kan filtreras bort med programvara anpassad för systemet. Systemet är även väderberoende, regn och snö bör undvikas för att få ett bra punktmoln.

1.2 Syfte

Syftet med denna utredning är att utföra en egen mobil laserskanning i Sundbybergs stad för att inventera vägskyltar, belysningsstolpar, vägkanter och träd. Förutom att samla in nödvändigt data ville vi testa systemets komplexitet och användarvänlighet för att utvärdera ifall det är en bra lösning för vår kommuns (och därmed även andra kommuners) behov.

2 Studieområde



Figur 1. Översiktsbild över Sundbybergs kommun med en underliggande terrängskugga.

Sundbybergs stad är lokaliserad i de centrala delarna av Stockholms län och har en yta på ca 9 km² med ca 54 000 invånare. Sundbybergs stad har idag 10 stadsdelar där Stora Ursvik, Brotorp, Centrala Sundbyberg, Storskogen och Lilla Alby präglas av tät bebyggelse. Lilla Ursvik och Duvbo är två stadsdelar som domineras av villor och hela Duvbos villaområde är även K-märkt. Rissne, Hallonbergen och Ör är tätbyggda delar av miljonprogrammet. I de tätbyggda områdena domineras vegetationen av lövträd planterade längs med vägar och på innergårdar medan kommunens skogsområden, som finns i Rissne ängar, Lötsjön-Golfängarnas naturreservat och Igelbäckens naturreservat, har en blandning av både löv- och barrträd.

3 Metod

I denna utredning hyrdes det mobila laserskanningssystemet Trimble MX50 (Trimble, 2023) från Trimtec för att skanna alla stadens vägar samt vissa gågator och cykelbanor. Trimbles MX50-system är byggt runt deras Trimble X7 laserskanner. MX50 har två stycken X7:or ihopkopplade med en Applanix AP20 IMU, en Ladybug 5+ 360° kamera och en Tallysman's GNSS. Systemet har en räckvidd på max 80 m och emitterar ca 1 miljon punkter per sekund, ca 500 000 punkter per skanner och använder våglängden 1550 nm. Systemet kan hantera en hastighet upp till 110km/h men genererar tätare punktmoln vid lägre hastighet. MX50 kan endast registrera en retur från varje emitterad ljusstråle. Systemet kan lagra 2 TB data och har en extra hårddisk på 2 TB för en total lagring på 4 TB.

Under denna utredning kördes en sträcka på 200 km genom Sundbybergs stad på ca 22 timmar. Projektet delades upp i olika stadsdelar för att inte förlora stora datamängder ifall systemet skulle sluta fungera. Totalt skapades 9 projekt där alla stadsdelar kördes under dagen. Under natten kördes gågator och cykelbanor men även vissa stadsdelar igen. Genom att köra på vissa gator igen under natten kan man mäta in vägkanterna bättre då bilar har flyttats och det som kanske missades under dagen då kan skannas. Utöver det skannades vissa huvudleders övre och bakre vägkanter genom att köra på gångvägarna bredvid bilvägen. Under nattkörning är det färre gående och cyklist, vilket gör det mer trafiksäkert och minskar störningar under genomförandet av skanningen.

3.1 Planeringsskede

Innan en skanning ska ske är det bäst att planera sin rutt, storlek på projekten samt vilka vägar, cykelbanor och gågator som ska skannas in. I vårt fall planerades rutten genom Esri ArcGIS Pro där rutten ritades in manuellt för varje projekt. Varje projekt representerade 1-3 stadsdelar beroende på stadsdelens storlek. När rutten var klar laddades den upp till kommunens ArcGIS Portal server och delades med vår Field Maps app som också är en Esri-produkt. Genom att ha rutten i Field Maps kan navigatören i bilen ha en Ipad med Field Maps-appen ihop med mobil data för att veta sin egen position och följa den planerade rutten. När rutten ritas är det rekommenderat att försöka köra långa sträckor som i ett senare skede kan användas som referensskanningar. Korta sträckor skapar noggrannhetsproblem då GNSS och IMU:n ger bättre positioner vid körning på långa sträckor. Systemet har dock en extra GNSS som kallas för GNSS Azimuth Measurement Subsystem (GAMS) som hjälper till att stabilisera IMU-driften. Tillståndsenheten var även insatta under planeringen då de gav oss ett särskilt tillstånd att få köra på gång- och cykelbanor under en veckas tid. Tillståndsenheten tog även kontakt med kommunpolisen och förvände om att en bil med specialutrustning skulle köra under natten.

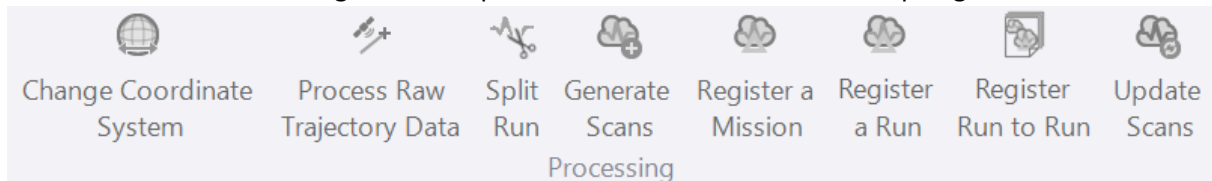
3.2 Körningen

Skanningen i fält med bil skedde med tre personer involverade. En navigatör, en förare och en reservförare. Förarens uppgift var enbart att köra bilen och se till att bilen håller en konstant hastighet utan hastiga accelerationer eller inbromsningar. Hastiga accelerationer och inbromsningar skapar nämligen ett ojämnt punktmoln där vissa områden kommer att ha tätare punkter medan

andra kan bli glesa. Navigatörens uppgift är att hjälpa chauffören att köra på rätt rutt, starta och stoppa skanningen, samt se till att GNSS-signalerna ser bra ut under körningen. Reservförarens uppgift är att byta plats med chauffören ungefär var tredje timme så chauffören inte blir för trött. Under körning är det viktigt att ta pauser för att sträcka på benen. Detta kan ske efter varje avslutat projekt. Det är mest lämpligt just under den perioden eftersom MX50-systemet behöver en 5 minuters initiering innan skanningen påbörjas och ytterligare 5 minuter för att avsluta projektet. Initieringen sker genom att köra runt i cirklar både medurs och moturs för att initiera IMU:n och sedan står bilen still i 5 minuter för att få en stabil GNSS-position. För att avsluta projektet behöver systemet sedan stå stilla i 5 minuter, IMU:n har redan blivit initierad från start och under körningen och behöver därför inte köra runt i cirklar igen. När systemet ska stå stilla i början och slutet av projektet så är det viktigt att stå i ett öppet område för att få bra GNSS-signal.

3.3 Bearbetning

Efter en körning skapas en projektmapp i MX50-systemets hårddisk med all rådata som behövs för att skapa ett punktmoln. När all data har samlats in behövs Trimble Business Center (TBC) med Mobile Mapping-modulen för att få ut någon form av produkt (las-filer, punkter, linjer osv). TBC och Mobile Mapping-modulen erbjuds gratis av Trimble under 30 dagar vilket ger användaren mer än tillräcklig tid att skapa färdiga produkter att använda för mätning. Bearbetningen sker i flera steg. Rådata innehåller **trajectory** och **runs**. Trajectory är banan som bilen har kört och en run är en del av trajectory men innehåller skanningsdata, d.v.s. när du kör och aktiverar skanningen och sedan avslutar så skapas en **run**. Dessa två termer kommer användas genom rapporten då allt bearbetning sker runt dessa. Bearbetningen kan ske på olika sätt men flödet ser ut som på figur 2.



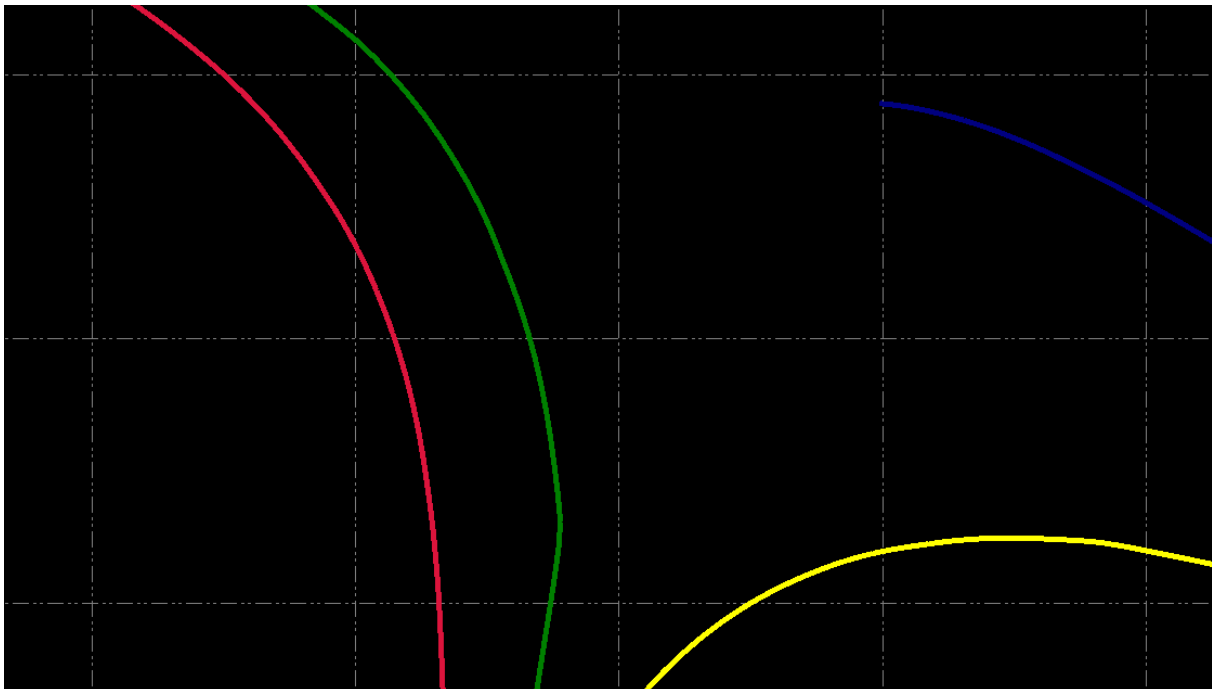
Figur 2. Bearbetningsflödet enligt Trimble Business Center.

1. **Välj koordinatsystem** för projektet. Det gör att alla importerade filer får rätt koordinatsystem enligt projektet.
2. **Process Raw Trajectory Data** används för att korrigera trajectory med hjälp av Post Process Kinematic (PPK). Under körning samlar systemets GNSS enbart signalerna från satelliter utan någon korrigering. Det är medvetet gjort av Trimble och kan inte ändras för ibland kan körningar ske i områden där det inte finns mobildata och då kommer GNSS tappa sin Real Time Kinematic (RTK). Med detta verktyg krävs en basstation eller en Virtuel Reference Station (VRS) som har loggat under samma tid som körningen. Basstationen eller VRS används för att applicera en korrigering av trajectory för att uppnå en GNSS-noggrannhet ifall signalerna till satelliterna var bra. Om GNSS signalerna studsar från byggnadsfasaderna eller träd så kommer inte en GNSS noggrannhet att uppnås.
3. **Split Run** används för att dela upp en run. Det är viktigt om en run råkar skanna samma område två gånger utan att ha skapat olika runs. Eftersom systemet har oftast en GNSS-noggrannhet kommer skanningen att ha en differens där två markhöjder kan ligga ovanpå varandra. Detta kan då inte lösas om inte den run som har kört samma område klipps till två eller fler runs.
4. **Generate scans** skapar ett punktmoln från varje run och i verktyget kan man välja hur långt ut från skannern punktmolnet ska genereras. Vill man enbart ha 30 m avstånd från skannern kan det väljas i detta steg, max avståndet är 80 m. I verktyget väljs även om punktmolnet ska få färg från panoramabilderna eller inte ha någon färg och istället använda sig av intensitet.

5. **Register a Mission** används för att georeferera punktmolnet till Ground Control Points (GCP). Verktaget öppnar upp alla runs och valda GCP:er så att man kan georeferera alla runs utan att behöva öppna upp var och en i taget.
6. **Register a Run** låter användaren georeferera en run i taget istället för hela projektet.
7. **Register Run to Run** används för att snappa ett punktmoln till ett annat. Det kommer väl till pass när man vet att en run har bra GNSS-noggrannhet eller har blivit georefererad med GCP. Då kan verktaget snappa punktmolnen i omgivningen till referenspunktmolnet som har bra noggrannhet.
8. **Update scan** uppdaterar punktmolnet om användaren har georefererat en run eller snappat till ett annat punktmoln. Det kommer skapa flera punktmoln vilket resulterar i att projektet kommer att bli större och kan i slutändan få datorn att sluta fungera när allt ram-minne har använts. Det är viktigt att radera gamla runs så att datorns ram-minne frigörs, dock ska det enbart ske när användaren är nöjd med sin uppdaterade run.

3.4 Modifierat bearbetningsflöde

Under utredningen ändrades bearbetningsflödet jämfört med det Trimtec rekommenderade vid utbildningen. Vi använde oss av *Change Coordinate system* först och sedan *Split Run*. Det är rekommenderat om man vet var runs behöver klippas och sedan refereras till närliggande punktmoln genom *Register Run to Run*. *Split Run* användes innan *Process Raw Trajectory Data* eftersom *Process Raw Trajectory Data* skapar en ny linje med den korrigerade trajectory. Detta leder till stor förvirring när en run klipps eftersom det skapas två linjer bredvid varandra och det är svårt att urskilja vilken som ska användas (figur 3).



Figur 3. Bilden visar olika runs och en korrigerad run. Den röda linjen är den korrigerade run till den gröna linjen som är originalet utan PPK korrigerings. Blåa och gula linjen är andra runs som inte tillhör den röda eller gröna linjen.

Genom att först klippa varje run och sedan applicera en korrigerad trajectory så försvinner alla ursprungliga trajectories och endast de nya blir kvar. Därefter är det dags att generera punktmolnen från de korrigerade runs. Eftersom vi skannade hela staden fanns det ingen möjlighet att sätta ut GCP på alla vägar. Därmed valdes *Register Run to Run* för att användas för hela projektet förutom centrala

Sundbyberg. Centrala Sundbyberg använde GCP och i senare skede när behovet finns för hög noggrannhet för de andra stadsdelarna kommer GCP att användas även där. Övergångsställen har väldigt hög reflektion och syns därmed väldigt tydligt när punktmolnet färgläggs med "color-coded intensity". Det låter användaren gå tillbaka till olika områden och markera ut hörnen på övergångsställena för att använda som GCP även om området redan har skannats.

Efter att ha genererat ut ett punktmoln från körningen kan en automatisk klassificering av punktmolnet ske. Därefter har TBC möjligheten att extrahera ut antal träd samt deras respektive kronhöjd, diameter vid brösthöjd och höjd. Attributen för skyltar och lyktstolpar så som höjd, lutning och diameter kan även de extraheras ut. Vägkanter kan även extraheras ut där olika noder placeras ut på underkant, överkant och bakre kant, därefter följer programmet de tre noderna igenom punktmolnet tills de inte verkar stämma. Användaren har därefter möjlighet att med kontrollen hoppa över till nästa sektion och fortsätta extraheringen om en bil var i vägen. Vid ett hopp p.g.a. LiDAR skugga interpoleras linjerna linjärt.

4 Resultat

Under utredning skannades hela staden. Detta genererade ca 35 miljarder punkter, 200km körsträcka, 1057 runs och en projektmapp på ca 1,4 TB. Utredningens resultat är inte helt komplett eftersom systemets data ännu inte har integrerats in i kommunens dagliga arbete. Träd och vägkanter har inte extraherats ut ännu.

Idag har Sundbybergs stad fått ut alla vägs skyltar och lyktstolpar från punktmolnet tillsammans med deras lutning och höjd som attribut. Lyktstolparnas lutning är intressant för belysningsingenjörerna då lutande stolpar tidigare inte har inventerats. Samtidigt var det oklart för belysningsingenjörerna hur många belysningsstolpar det fanns i stadsdelen Duvbo och detta kunde extraheras ut automatiskt från TBC. TBC har två olika algoritmer för att klassa och extrahera ut positionerna och attributen av stolparna. Klassificeringen av punktmolnet för att ge alla stolpar en egen klass fungerade betydligt bättre än verktyget som extraherar ut positionerna och attributen för lutning och höjd. Felklassade lyktstolpar kan tas bort då användaren kan granska en stolpe i taget samt markera ut stolpar som inte har blivit klassade. Extraheringsverktyget hade enbart stolpar och marken som användningsområden vilket borde extrahera ut alla stolpar som redan blivit klassificerade. Det visade sig att ungefär 80% av stolparna fick en extrahering medan resten behövde semi-manuellt arbete där användaren klickade på de missade stolparna, sedan extraherade TBC ut deras position och attribut. Det semi-manuella arbetet kan ta allt från några minuter för en gata till någon timme när det gäller en stadsdel. Extraheringsverktyget utgår från det synliga punktmolnet, visas endast marken och skyltarnas punkter så kan extraheringsverktyget endast utgå från dessa.

För vår tillståndsenhet är det nu möjligt att inventera uteserveringarna utan att behöva visa sig för verksamheten under granskning eftersom uteserveringarna skannades in. Skanningen visar hur långt ut från fasaden serveringen sker och därmed kan medarbetarna extrahera ut måtten och jämföra mot ansökan. Noggrannheten på systemet kan skifta upp mot en decimeter men precisionen är fortfarande under 3 cm beroende på hur långt ut från skannern man genererar punktmolnet. Detta leder till att avstånd kan mätas utan problem i både plan och höjd.

Trafikenheten hade ingen inventering av stadens vägs skyltar och hade planer på att utföra detta ute i fält. Med hjälp av skanningen har vi lyckats skanna in majoriteten av skyltarna med attributen höjd och lutning. Detta ledde till att hundratals arbetstimmar sparades in ute i fält. Skyltarna extraheras som en punkt som sedan används för ett anläggningsregister för att kunna följa upp besiktningsperioder och rapportera in skador för vissa anläggningar.

Parkenheten har behov av att inventera krontäcket på kommunens träd eftersom det har påverkan på värmeöar i gröna områden och parker. Med hjälp av skanningen kan nu varje enskilt trädets krontäcke mätas in samt att diameter vid brösthöjd kan användas för allometrisk ekvationer ifall biomassa behöver beräknas. Allometrisk ekvationer kräver trädets art, höjd och brösthöjd för att beräkna biomassan med hjälp av regressionsanalyser.

För kart- och mäthenheten skapar skanningen nya möjligheter för inmätning inför projektering. Idag mäter de in punkter och höjder, lyktstolpar, vägkanter och andra objekt som projektören kan behöva. Oftast kräver det flera besök på platsen då projektören har missat något och behöver en till kompletteringsmätning. Med hjälp av skanningen kan detta mätas in utan ytterligare fältarbete. Detta kräver dock att mätningarna sätter ut ett par GCP och sedan georefererar den befintliga trajectory till GCP. När en trajectory georefereras så skapas en ny trajectory utan ett punktmoln och därmed behöver användaren generera ett nytt punktmoln för den georefererade trajectory. Detta låter användaren tända och släcka både den nya och gamla trajectory med punktmoln för att se skillnaden och vad som ändrats när man georefererade. Den georefererade trajectory med punktmolnet låter oss mäta taknock och vägmarkeringar, skyltar, fasader, trädhöjder och vägkanter med samma noggrannhet som varje GCP mäts in med. Användning av GNSS eller totalstation för GCP är upp till varje mätare att bestämma beroende på projektets noggrannhetskrav.

4.1 Prisuppgifter och konkurrenser

Trimbles MX50-system kostar ca 2,5 mkr att köpa med AP20 IMU. Det medför även en årlig kostnad på 130 tkr (Tabell 1) för TBC med Mobile Mapping-modulen. Trimble erbjuder även MX50 med AP60 IMU som kostar mer och sedan finns Trimble MX9 som kostar betydligt mer än MX50.

Trimtec är idag det enda bolaget i Sverige som erbjuder sina kunder att hyra en MX50 och det finns två olika paket att välja mellan. **Rental assist** där Trimtec använder sig av egen bil och monterar MX50 på biltaket, mäter in systemets höjder och avstånd till GNSS och marken. I rental assist står Trimtec för försäkring samt att deras personal kör bilen. Under rental assist behöver hyrestagaren ha en egen navigatör. Rental assist ger användaren 8 h med Trimtecs personal, all tid utöver de första 8 h sker som konsulttimmar upp till 24 h, därefter kostar det ytterligare 1 rental assist. Ett **rental avtal** kräver att hyrestagaren har egen bil, mäter in instrumentet själv och försäkrar systemet med egen försäkring. Rental avtal ger användaren 24 h att köra på egen hand. När systemet beställs så bokas systemet 1 vecka hos Trimtec för oförutsedda händelser som väder. I vårt fall flyttades körningen flera gånger p.g.a. regn.

Det finns flera konkurrenser till Trimtec som Cyclomedia och Triona som levererar färdiga produkter till köparen utan att själv behöva utföra planeringen, körningen och bearbetningen. Trimtec skiljer sig från dessa företag genom att hyrestagaren äger all data och ingen data hamnar i molnet eller på externa servrar. Under utredningen har Sundbybergs kommun ägt all data och allt har lagrats på stadens interna servrar. Interna servrar underlättar vad gäller GDPR-lagen eftersom man har kontroll på vilken server som används och var data lagras och behöver inte offentliggöra något utanför sin arbetsgrupp. Genom att ha all data på interna servrar så håller man sig inom GDPR-lagen. Ingen information lagras till personerna eftersom människorna som skannas in är brusdata som vi vill få bort från våra punktmoln.

Vill man inte använda sig av en Trimble produkt så finns andra leverantörer för mobila laserskanningssystem ute på marknaden: Riegl har 8 olika system (Riegl, 2023), Leica har 4 (Leica, 2023), YellowScan och CHCNAV har en varsin modell (YellowScan, 2023, CHCNAV, 2023).

Tabell 1. Prisuppgifter från Trimtec

Produkt	Pris (kr)
Trimble MX50	2 506 350
TBC Mobile Mapping module	128 600
Rental Assist per dag	44 900
Rental per dag	29 900
GAMS antenna-kit	30 100
Konsultkostnad per timme	1100
Milersättning efter första 10 milen	30

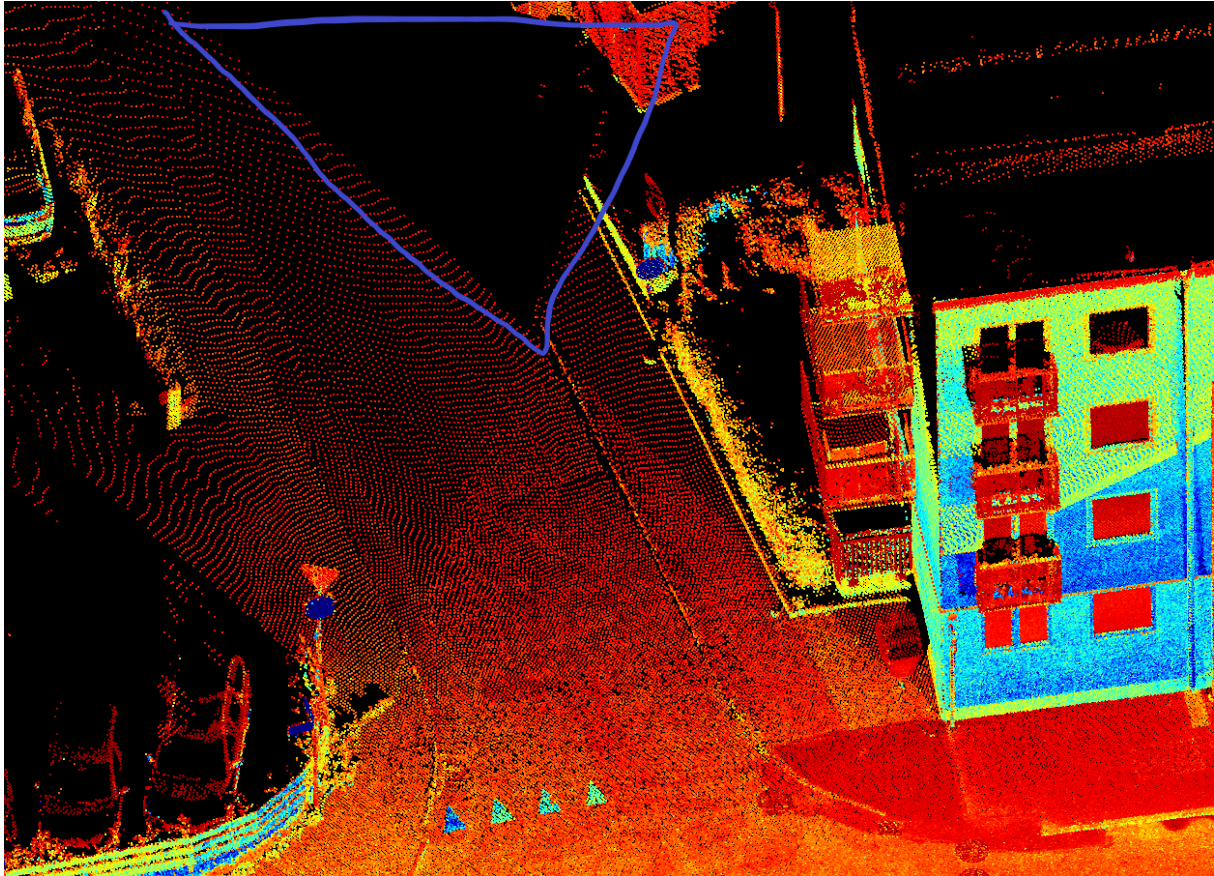
5 Diskussion

I detta avsnitt går vi igenom hur systemet var att köra, användarvänlighet och svårigheter. Vi diskuterar även för- och nackdelar med MX50-systemet samt hur bearbetningsprocessen upplevdes.

5.1 MX50-system

Förbipasserande bilar, gående människor och cyklister kan skapa brus i punktmolnet. Men tack vare vinklade skanners skapas ingen LiDAR-skugga eftersom den vänstra skannern kanske blockeras ett tag men sedan skannar den högra skannern samma område från en annan vinkel. Detta ger mobila laserskanningssystemen med två skanner vinklade bort från varandra en fördel då man inte behöver åka fram och tillbaka på samma gata. Mobila laserskanningssystem som enbart har en skanner monterad längst bak på bilen har svårigheter med LiDAR-skugga men har en fördel om man ska skanna in mot en gränd när man kör förbi då bilen är parallell med gränden och har en 90° vinkel. Vinklade skanners som MX50 kan inte skanna samma gränd genom att köra förbi utan måste köra in i gränden och därmed tar det längre tid att skanna (se Figur 4).

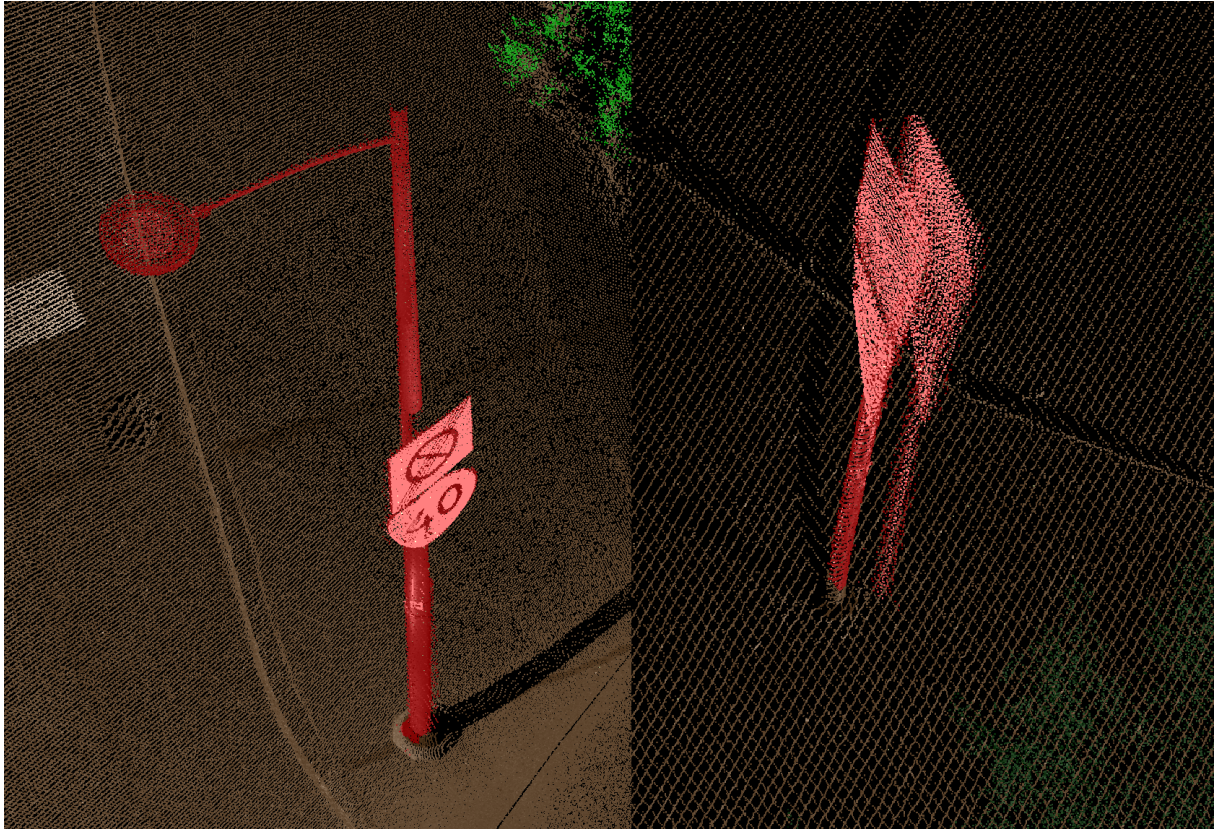
Panoramabilderna under natten kan inte användas för att visuellt inspektera ett objekt utan då får man förlita sig på punktmolnet. Orsaken till att ta panoramabilder under natten är ifall man har planer på att köpa in andra programvaror som kan läsa Trimbles MX50-data. Street view programvaror för Trimble MX50 kommer att behöva bilderna som referenspunkter så att man kan ställa sig på marknivån precis som man gör med Google Street View. Även om man inte kommer kunna se något med RGB bilder så kan punktmolnet tändas i bilderna och därmed generera en mätbar bild.



Figur 4. Bilden visar ett punktmoln där bilen har passerat en gata och hur en V-formad LiDAR skugga formats (markerad med blått) längs med väggkanten, skapad av vinklade skannern.

5.2 Punktmoln och georeferering

MX50-systemen producerade väldigt bra punktmoln i öppna ytor och på snabbare vägar där det fanns färre GNSS-studsar från vegetation och byggnader. Vid öppna ytor behövde knappt **Register Run to Run** användas eftersom GNSS-noggrannheten var väldigt hög och flera runs matchade varandra väldigt bra. När en bra matchning sker kan användaren se detta med hjälp av vägskyltarna och belysningsstolparna. Matchar inte varje runs punktmoln så kommer punktmolnen se suddiga ut eller så skapas det dubletter av samma objekt (se Figur 5).



Figur 5. Vänstra bilden visar en lyktstolpe där flera runs har matchat varandra nästan felfritt. På högra bilden har olika runs inte matchat varandra och dubletter av en skylt har uppstått.

Samma problem kommer uppstå med vägkanter om inte varje run matchar. Problemet med vägkanterna har inte varit att de blir dubletter i plan utan i höjd. Det kan ibland uppstå att det finns flera olika markhöjder och när vägkanterna ska mätas blir det oklart vilken vägkant som är den korrekta. Alla vägkanterna kommer innehålla samma höjd och avstånd då precisionen är hög men noggrannheten kommer inte stämma. Du kan därmed mäta hur hög vägkanten är och hur lång, men den kan inte användas för projekteringsunderlag tills trajectory har blivit georefererad med GCP eller om man vet vilken markhöjd som är korrekt och matchar alla runs mot den korrekta. Därför är det viktigt att under planeringsskedet köra de längsta gatorna först för att under bearbetningsfasen använda dessa som referens till de andra kortare runs som oftast har lägre noggrannhet.

5.3 Intern kompetens eller extern leverantör

Att investera i ett system som MX50 kommer ta väldigt mycket tid. Räkna med minst 200 timmar för en person som ska initiera projektet, planera, bearbeta och producera i samma skala som denna utredning. Det kan även ta mindre tid om det är projektbaserat, inför en ny detaljplan, restaureringsprojekt och mindre inventeringar. Mindre krävande projekt som en ny detaljplan eller projektbaserad kan ta ca 40-80 timmar. Utför man flera projekt så kommer bearbetningen som tar mest tid att minska mycket då användaren har erfarenhet att arbeta med mobila laserskanningssystem. Även om mobila laserskanningssystem är tidskrävande så vinner en kommun på att utföra detta själva eftersom en ny kompetens uppstår internt som kan skapa nya användningsområden. En kompetens att kunna hantera mobila laserskanningsdata kommer även ge möjlighet att arbeta mer med punktmoln och markbundna laserskannare. Att ha kompetensen att arbeta med punktmolnsdata kan leda till besparingar för en kommun då man exempelvis kan räkna ut volymer för krossmassa. I Sundbybergs fall kan inte kommunen ha krossmassor på kommunens mark utan måste transportera massan till andra kommuner som har ett behov för att vid senare

tillfällen sedan importeras ny massa från samma kommuner. Det vill säga att kommuner med små ytor behöver kunna samarbeta runt krossmassor. Idag är dessa massor inte volymeräknade och kan därför inte ge exakta siffror på hur mycket krossmassa som finns. Genom att ha en ökad kompetens kan detta räknas ut.

Restaureringsprojekt är även något Sundbyberg är i behov av. Förslag om att flyga drönare för att få en helhetsbild över ett projekt har uppstått men de hårda restriktionerna stoppar detta.

Laserskanning kan lösa detta problem och ge projektledarna information och mätdata om hur området såg ut innan projektet inleddes och kan sedan användas för att efter avslutat projekt jämföra om alla vägkanter och sluttningar har återställts. Att kunna se sig omkring genom hela Sundbyberg och mäta allt längs med vägarna har en stor påverkan i hur staden kommer arbeta i framtiden med trafikfrågor, tillstånd, mätning, GIS o.s.v.

Sundbybergs stad föredrar intern kompetens men tjänsten för mobil laserskanning kan lika väl köpas in. Att köpa tjänsten ger beställaren friheten att välja vad som är prioriterat att skanna in och vad man förväntar sig för resultat. Detta kommer kosta mer än att själv utföra arbetet internt men sparar tid. Beställaren behöver vara medveten om att data kanske inte ägs av beställaren utan kan försvinna ifall man väljer att avsluta kontraktet. Beställaren kan sätta in ett krav att all data ska levereras till beställaren, men leverantören kommer fortfarande ha en kopia av allt och ha laddat upp det på en molnbaserad lösning på externa servrar, som inte ägs av beställaren.

6 Slutsats

Trimbles MX50 är ett kraftfullt system som kan skanna in vägar, markhöjder, belysningsstolpar, vägskyltar, vägkanter, fasader osv. Systemet är kraftfullt men kräver mycket tid för planering. Bearbetningstiden kan variera beroende på hur noggrant punktmolnet ska vara och kan även den vara betydande. MX50-systemet har sina nackdelar med att flera runs kan ha olika höjder och därmed måste GCP användas och flera runs behöver refereras till en referens-run. Det är tidskrävande och kräver specialkompetens inom systemets programvaror. Fördelarna är att stora områden kan skannas in och allt längs med vägarna som MX50 skannar in kan inventeras och extraheras ut till olika GIS-program. Punktmolnet ger en stor nytta till flera olika enheter som trafik, tillstånd, bygglov, geodata. En ökad kompetens inom staden ger fler möjligheter att använda andra typer av laserskanningsutrustning för andra projekt som är i behov av det. Vidare är det positivt att kunna äga all data själv och lagra det på interna servrar där man vet att informationen inte kommer att hamna i fel händer eller offentliggöras.

7 Källor

CHCNAV, 2023 - <https://chcnav.com/product-detail/alpha3d>, 2023-10-19

Leica, 2023 - <https://leica-geosystems.com/products/mobile-mapping-systems/capture-platforms>, 2023-10-19

Riegl, 2023 - <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/>, 2023-10-19

Trimble, 2023 - <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-mx50>, 2023-10-19

YellowScan, 2023 - <https://www.yellowscan.com/products/flydrive/>, 2023-10-19